

修士論文

応用一般均衡モデルを用いた  
エネルギー技術ロードマップの経済性評価

指導教員

松橋 隆治 教授 

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

環境システム学専攻

環境システム情報学分野

56742 小林 弦美

平成 19 年 2 月 1 日提出

第1章 序論	- 4 -
1.1 研究背景	- 4 -
1.2 政府の取り組み	- 5 -
1.3 先行研究および課題	- 6 -
1.4 研究目的	- 7 -
1.5 本研究の構成	- 8 -
第2章 応用一般均衡モデル	9
2.1 概要	9
2.2 応用一般均衡モデル	9
2.3 モデル理論	9
2.4 応用一般均衡(AGE)2000年モデルの構造	12
2.4.1 AGE2000モデルの構成要素	12
2.4.2 財及び生産要素の需給計算の流れ素	13
2.4.3 二酸化炭素排出量	26
第3章 エネルギー技術ロードマップ	29
3.1 概要	29
3.2 目的および基本的考え方	29
3.2.1 エネルギー分野における基本的認識	30
3.3 バックキャストによる技術戦略の検討	30
3.4 ケース設定	33
3.4.1 ケース A	34
3.4.2 ケース B	35
3.4.3 ケース C	35
3.5 需要側からの分野別検討	36
3.6 ケース別部門の考え方	37
3.7 分野別ロードマップの考え方	41
3.7.1 分野別ロードマップの主要ポイント	41
3.8 各部門におけるロードマップ（全部門概要）	45
3.9 民生部門におけるロードマップ（詳細）	50
3.9.1 民生分野の技術スペックの考え方	50
3.9.2 民生分野の技術スペック実現のための技術群の考え方	51
3.9.3 民生分野における各エネルギー技術の寄与度	52
3.10 運輸部門におけるロードマップ（詳細）	54
3.10.1 運輸分野の技術スペックの考え方	55
3.10.2 ケースCにおける運輸分野技術スペック実現のための技術群の考え方	56
第4章 少子高齢化社会の反映	57

4.1 概要 .....	57
4.2 推計方法 .....	57
4.2.1 データ出所および推計方法 .....	57
4.2.2 将来世帯数変化予測データ（図 4-2①部） .....	58
4.2.3 世帯主の年齢と所得階層別世帯数データ（図 4-1②部） .....	59
4.2.4 年齢および所得階層分類 .....	60
4.3 推計結果 .....	61
4.4 その他の少子高齢化社会を示す指標 .....	65
4.4.1 推計方法およびデータ .....	66
4.4.2 推計結果 .....	66
第 5 章 普及率および市場価格算 .....	68
5.1 概要 .....	68
5.2 技術普及率推計 .....	68
太陽光発電 .....	69
高効率給湯 .....	69
高効率 PDP パネルおよびその他動力（プラズマディスプレイパネルで代表） .....	69
高効率調理器 .....	70
HEMS .....	70
高効率照明（高効率蛍光灯・LED 照明） .....	70
ハイブリッド自動車（内燃機関ハイブリッド車：HV および燃料電池ハイブリッド車：FCV） .....	71
5.3 所得階層別普及率 .....	72
5.4 技術価格の算出 .....	73
5.5 家計消費支出シェア .....	76
第 6 章 シミュレーション結果 .....	68
6.1 概要 .....	82
6.2 ケース設定 .....	82
6.3 ケース設定 .....	82
6.3.1 効用変化率 .....	82
6.3.2 等価変分 .....	83
6.3.3 GDP 変化 .....	86
6.3.4 二酸化炭素排出量変化 .....	87
6.4 感度分析 .....	89
6.5 補助金および価格調整 .....	90
第 7 章 普及パス .....	94
7.1 概要 .....	94

7.2 普及パスの想定 .....	94
7.2.1 算出フロー .....	94
7.2.2 導入確率 .....	95
7.2.3 投資回収年数の算出 .....	96
7.3 分析結果 .....	99
7.4 効用変化 .....	102
第8章 結論 .....	106

## 第1章 序論

### 1.1 研究背景

2000 年度における二酸化炭素排出量の部門別内訳によると、家庭部門からの排出は全体の 10%を占めている。また、運輸部門における二酸化炭素排出量のうち 86%を自家用自動車が占めていることから、国民である消費者からの直接二酸化炭素排出量は国内全体の約 4 割を占めていることになる。

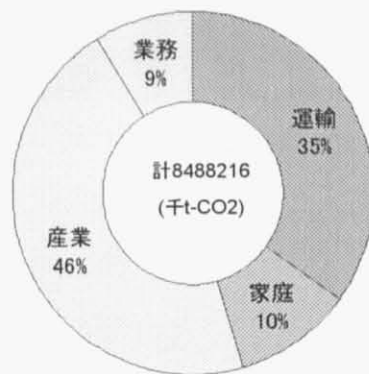


図 1-1 2001 年度の二酸化炭素排出量部門別内訳<sup>[1]</sup>

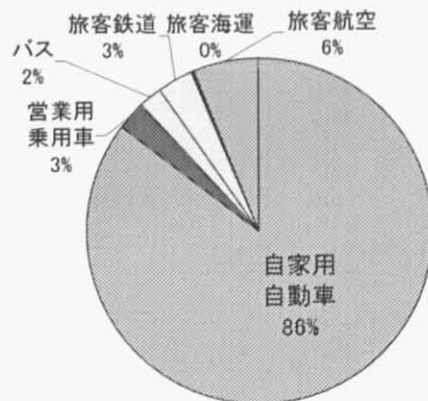


図 1-2 2001 年運輸部門における二酸化炭素排出量内訳<sup>[1]</sup>

また、部門別二酸化炭素排出量の推移をみると、産業部門の排出量は 90 年比で減少しているが、運輸、民生部門では 90 年比で 20%および 10%増加している。もともと省エネ技術の先進であった日本の産業部門における排出削減技術の費用対効果は小さいため、家庭からの省エネルギーによる排出量削減が国内二酸化炭素排出削減において重要な位置を占める。将来に向けて効率よく省エネ等を行っていくためにも民生部門における各種政策の

定量的な評価が急務となっている。

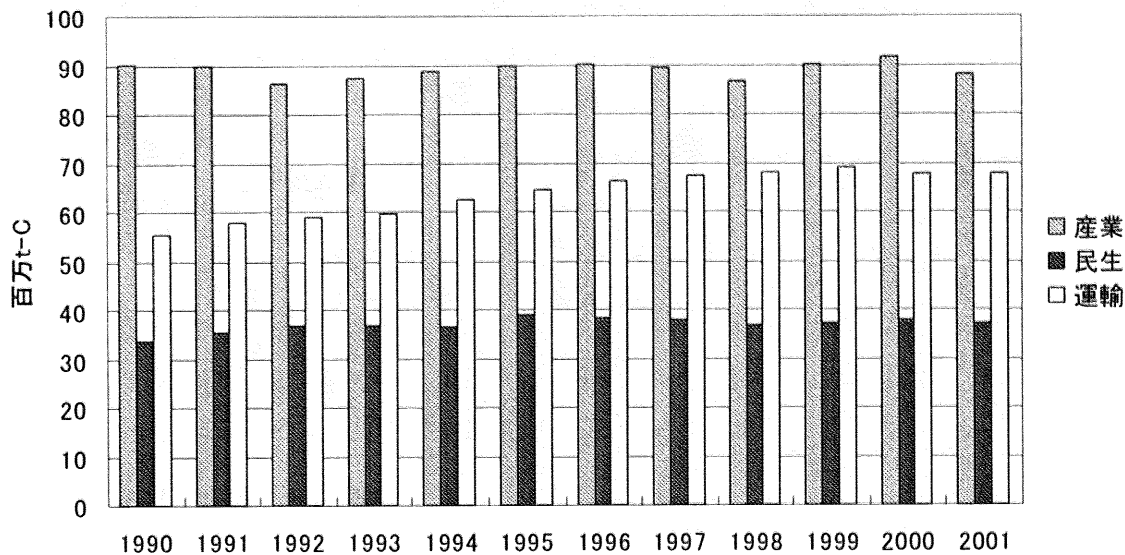


図 1-3 二酸化炭素排出量の推移

## 1.2 政府の取り組み

経済産業省資源エネルギー庁は、2100年までの長期的視野で、資源・環境制約から技術普及の姿を逆算した「超長期エネルギー技術ロードマップ報告書」<sup>[2]</sup>を公表している。従来の環境政策と異なる点は

- ・ 削減目標からエネルギーを切り口として必要技術を逆算
- ・ 時系列にマッピングしており、その技術のメニューも詳細まで設定

があげられる。また、2100年に到達すべきエネルギー社会を極端なエネルギー構成の三つのケースに分類し、長期的視野の元でこの三つのケースが融合していくことが前提となっている。長期的には、家庭において「再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー」の実施（その際の電源は「原子力の最大利用ケース」を実施）という消費者行動に依存した削減方針を推進している。詳細は第3章で述べる。

また、その他の政府の取り組みとしては、京都議定書目標達成計画<sup>[3]</sup>、「脱温暖化政策2050」<sup>[4]</sup>がある。前者は民生家庭部門において多くの二酸化炭素排出削減のための政策が掲げられている。民生部門におけるエネルギー起源二酸化炭素の排出削減対策として、主に以下の六つの項目を挙げ、各項目に排出削減見込量を設定し、2010年に基準年1990年比で22%の削減を達成するように目標を掲げている。

施設・主体単位の対策

- ・ 住宅の省エネルギー性能の向上
- ・ HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）の普及

#### 機器単位の方策

- ・トップランナー基準に基づく機器の効率向上
- ・省エネルギー機器に係る情報提供等
- ・高効率給湯器等省エネルギー機器の普及支援・技術開発
- ・待機時消費電力の削減

後者の「脱温暖化計画 2050」は、長期にわたる継続した取り組みの方向性として日本の全体像を把握するために、社会経済シナリオの開発研究とシナリオで取り入れる対策、施策、政策群の妥当性を検討する政策評価研究を行っている。2050年の社会像をA：現在の生活スタイルのまま技術革新が進む場合、B：スローライフが高まり、そこからイノベーションが起こる場合と設定し、ケースごとに需要を推計するとともに2050年に70%二酸化炭素排出量を削減するために必要な中長期温暖化対策シナリオの策定を行っている。

### 1.3 先行研究および課題

家庭からの二酸化炭素排出量削減のためには、家庭での省エネルギーが必須であり、そのために省エネ家電等の環境技術が普及することは非常に効果的であると先に述べた。「超長期エネルギー技術ロードマップ報告書」（以下技術ロードマップ）では、環境技術の詳細とその普及時期が、削減目標から逆算されて細かに設定されているが、消費者対象の環境技術、すなわち「民生部門」「運輸部門（自家用自動車）」の環境技術の経済面については何も触れられていない。しかし実際は、環境製品が市場に投入される際にはその価格は普及に関して重要な位置を占める。2000年の段階で普及が開始されている環境技術においても、価格が今後どのように推移しさらなる普及を遂げるのか、また価格が問題となって普及があまり進まないのか、などこの技術ロードマップを遵守するための鍵を握るのが環境技術の価格であるといえる。つまり、技術ロードマップではトップダウンに普及目標を定めているが、ボトムアップでこの普及目標を現時点から積み上げて考えていく場合、環境技術の価格を無視して考えることはできないといえる。ここで、消費者向けの「環境技術」はすなわち「環境製品」のことを意味し、ハイブリッド自動車やエコキュート、太陽光発電などがすでに普及し始めている。産業部門やエネルギー転換部門における環境技術とは実際の意味が異なることに留意されたい。

環境技術の普及に関しては、槌屋<sup>[5]</sup>が太陽光発電の初期費用と普及台数についての実測値から今後の普及予測を行っており、近年は小林<sup>[6]</sup>が燃料電池自動車や電気自動車の普及可能性に関する研究も進んでいる。また、菱沼<sup>[7][8]</sup>らは、消費者の車両選好モデルを作成し、日本における将来の自動車構成と将来型自動車の普及条件について解析を行った。すなわち、環境技術と消費者選好および価格に焦点をあてた研究はさかんに行われている。ただ、これらの研究は全て環境技術単体が導入される場合の評価となっており、実際に家庭に複数の環境技術が普及する姿を評価したものではない。

さらに、技術ロードマップのような、削減目標から逆算された環境技術普及目標を有効

に活用するには、目標を遵守することを前提として議論を終えるのではなく、実際に目標を達成するだけの普及はなされるか、遵守がされるときに家庭への経済性評価とそれに基づく価格設定など、現時点の市場へ議論を持ち込むことが、目標遵守の道を歩み始める際の重要な架け橋となる。

## 1.4 研究目的

そこで本研究では、環境技術の普及時期を逆算した「超長期エネルギー技術ロードマップ」の「民生・運輸部門」に着目し、応用一般均衡モデルを用いて複数の環境技術が普及したときの家庭（経済モデルでは家計と定義する）への経済影響を評価することで、複数の環境技術普及と家計の効用（満足度）の関係を経済面から把握するとともに、各技術の普及における特性や技術価格についての提言を行うことを目的とする。家計は所得階層ごとに18段階に分類し、それぞれにおける効用と環境技術の関係について考察する。

本研究の目的は以下のようにまとめられる。

- ① 複数の環境技術普及の際の家計への経済影響評価
- ② 現在の普及台数から削減目標を遵守するために必要な目標普及台数へ至るまでの価格変化と普及経路の分析

これより、研究意義は以下のように位置付けられる。

- ① 技術ロードマップという環境政策の目標（トップダウン）と現実の家庭の消費を結びつけることで、目標遵守への具体的な経済的展開を示唆
- ② 複数の環境技術を扱うため、各所得階層の家計（家庭）に対して、長期的視野での環境技術導入時の初期コストとランニングコストを包括的に示すことで、購入に関する環境技術選択への知識を提示



## 1.5 本研究の構成

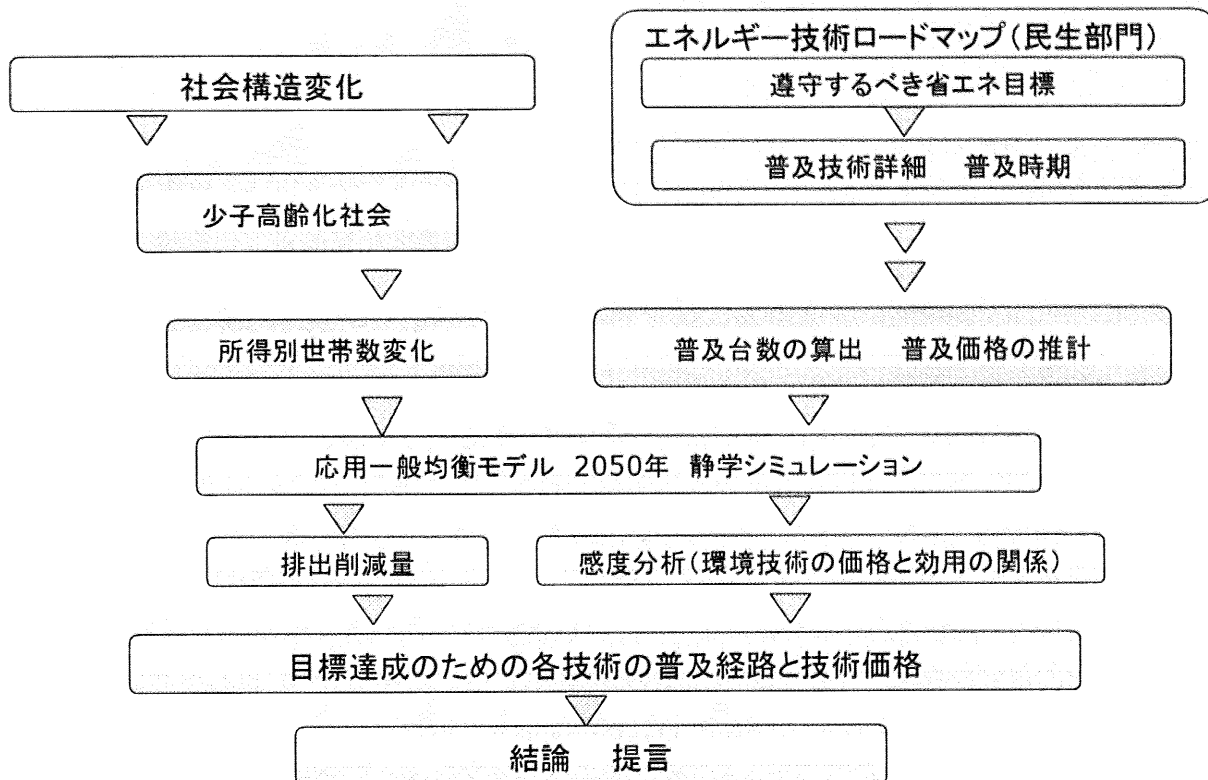


図 1-4 研究手順

第2章でシミュレーションの際に用いる応用一般均衡モデルの理論、第3章で技術ロードマップの概要を示し、第4章で少子高齢化の影響として将来世帯数の推計を行う。第5章で技術ロードマップより導かれる各技術の目標普及台数の算出、および価格設定のための将来技術価格の推計を経て、第6章で2050年におけるシミュレーション結果を示す。感度分析や排出量変化量の考察ののちに、第7章では、目標普及台数へ到達する普及パスについて分析を行い、第8章で結論と提言を述べる。

## 第2章 応用一般均衡モデル

### 2.1 概要

本章では、シミュレーションの際に用いる応用一般均衡モデルについて解説する。本研究における応用一般均衡モデルは、市岡<sup>[1]</sup>を参考に長田<sup>[2]</sup>が作成したものを、谷岡<sup>[3]</sup>が改良したものを参考にする部分が多い。本章では理論に関して述べる。

### 2.2 応用一般均衡モデル

応用一般均衡(Appried General Equilibrium, 略称 AGE) 分析は経済の構造改革を伴う政策(構造政策)の分析に長けている。ここでいう構造政策とは裁量的な財政政策、金融政策に代表されるいわゆる短期的なマクロ経済政策と対照されるものと位置づけられるものである。すなわち、主として政府による制度、規制を通じた政策であり、財・サービス、生産要素などの市場における需要と供給、価格の決定に当たって、特定の経済主体、部門に対して他とは差別的な介入を行い、影響を及ぼすものであると考えられる。

AGE 分析手法は 1960 年代半ばにスカーフ(H.Scarf) が考案した不動点算出のアルゴリズムを利用して、1970 年代の初期よりショーヴン(J.Shoven) とウォーレイ(J.Whalley) によって構築された。以降、モデルは様々な拡張、深化が行われ、地球環境政策を分析対象とする事例も数多い。温暖化問題をはじめとする地球環境問題の時間的視野は超長期であり、選択可能な技術構造を陽表的に扱うことが必要である。技術構造の変化は経済構造の変化につながるものであり、よって地球環境問題は AGE 分析の特長が生かされる分析対象であるといえる。本研究では 2000 年、あるいは 2010 年における温暖化政策の評価を静学的に行っており、分析対象が超長期な時間的視野をもつわけではないが、扱う温暖化政策(炭素税や排出権取引等) 自体が経済構造の変化を伴うものであり、やはり AGE 分析が適する分析対象であるといえる。AGE モデルでは複数の財市場と生産要素市場を扱える事で、政策変更が資源配分に及ぼす影響を評価したり、「誰が得をし誰が損をするか」といったマクロ計量モデルでは十分に捉えられない政策の効果を判定したりすることが出来る。本研究では炭素税が家計に及ぼす影響を所得水準ごとに分析しているが、このような分析は AGE モデルのこの特長を生かしたものであるといえる。

### 2.3 モデル理論

本小節では AGE モデルの理論について記述する。記述に当たっては川崎<sup>[4]</sup>並びに市岡<sup>[1]</sup>を大いに参考としている。

#### Arrow=Debreu 型 AGE モデル

AGE モデルは経済の一般均衡構造につき、数値シミュレーションを行うものである。市

場における需給調整を全ての財・サービス、生産要素(資本、労働)市場について想定し、複数の市場均衡が同時に成立するとしている。

その際、各財や要素の需給についてはワルラス法則が仮定される。すなわち、あらゆる価格において、市場超過需要の総額がゼロになることを仮定していることになる。このことは、一般的には、財や生産要素には遊休化を生じさせないことを含意している。ここで、2家計、2産業、及び2生産要素からなる AGE モデルの例を示せば、以下の6本の方程式が基本となっている。

$$X_{11}(P_1, P_2, P_L, P_K) + X_{12}(P_1, P_2, P_L, P_K) = Q_1 \quad (2.1)$$

$$X_{21}(P_1, P_2, P_L, P_K) + X_{22}(P_1, P_2, P_L, P_K) = Q_2 \quad (2.2)$$

$$K_1(P_L, P_K, Q_1) + K_2(P_L, P_K, Q_2) = \bar{K} \quad (2.3)$$

$$L_1(P_L, P_K, Q_1) + L_2(P_L, P_K, Q_2) = \bar{L} \quad (2.4)$$

$$P_K K_1(P_L, P_K, Q_1) + P_L L_1(P_L, P_K, Q_1) = P_1 Q_1 \quad (2.5)$$

$$P_K K_2(P_L, P_K, Q_2) + P_L L_2(P_L, P_K, Q_2) = P_1 Q_2 \quad (2.6)$$

ただし

$Q_1, Q_2$ : 生産量

$X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}$ : 第i財に対する第j家計の需要

$P_1, P_2$ : 財価格

$P_L, P_K$ : 生産要素価格

$\bar{K}$ : 資本供給

$\bar{L}$ : 労働供給

$K_1, K_2$ : 資本需要

$L_1, L_2$ : 労働需要

(2.1)、(2.2) 式は、財市場の需給均衡を表している。それぞれの財市場における、それぞれの家計の需要の和として定義され、これは全ての価格に依存し、連続、非負かつゼロ次同次であると仮定される。(2.3)、(2.4) 式は生産要素市場の均衡を表している。(2.5)、(2.6) 式はゼロ利潤条件であり、生産関数について規模に関する収穫一定を仮定すると(2.5)、(2.6) 式は自動的に満たされる。以上の6本の方程式が全て成立する時、モデルの均衡(一般均衡)が成り立つことになる。全ての財について市場の需給が均衡するような財価格と、各財の生産量の組み合わせによって、一般均衡状態が求まる。また、このようなモデルでは、相対価格のみが意味を持つこととなり、絶対価格水準は均衡結果に何ら影響しないこととなる。以上の枠組みは、政府による政策干渉のない従来のアロー(Arrow)・デブルー(Debreu)型の AGE モデルを示したものである。この場合、ワルラス法則は各財の超過需要総額と各生産要素の超過需要総額の総和がゼロになるという恒等式で表される。すなわちワルラス法則により、

$$(Q_1 + Q_2) - (X_{11} + X_{12} + X_{21} + X_{22}) + (\bar{K} + \bar{L}) - (K_1 + K_2 + L_1 + L_2) = 0 \quad (2.7)$$

$$(\text{財供給の総額}|\text{財需要の総額})+(\text{要素供給の総額}|\text{要素需要の総額})=0 \quad (2.8)$$

が、恒等的に(一般均衡が成立していなくても)成立することになる。

### 租税を含む AGE モデル

モデルに租税を含める場合には、上記のモデルに税収という内生変数を加えることになる。政府により各種の税が賦課され、同時に公共支出がなされる時、経済主体は価格だけをパラメータとして行動するのではなく、政府が徴収するであろう税収とその税収の処分の仕方にも影響を受けることになる。

ここでは簡単化のため、公共支出は純粋に再分配的な家計への移転支出に限られるとする。税としては生産者が支払う要素税、家計が稼得する所得にかかる個人所得税、家計による財の購入に対する消費税を考慮する。生産要素は家計が供給し、それに見合った対価を産業から得る。さらに政府からの移転収入を加えたものが家計の全収入であり、それらは全て税支払い消費に回されると仮定する。また、ここでも生産関数について規模に関する収穫一定を想定し、産業におけるゼロ利潤条件が満たされるものとする。

このとき合理的に行動する家計は、財や生産要素の価格だけでなく、政府からの移転収入予定額(ここでは税収は全て移転支出に充てられるため、「家計移転収入の予定額」=「政府移転支出の予定額」=「予定税収」)、及びあらかじめ決定された税率に基づいて意思決定を行うとみなすことが出来る。

このとき家計について(2.9) 式、生産者について(2.10) 式が成り立つ。

$$\text{要素所得の総額}+\text{移転収入予定額}=\text{個人所得税負担額}+\text{消費税負担額}+\text{財需要の総額} \quad (2.9)$$

$$\text{財供給の総額}=\text{要素負担額}+\text{要素支払いの総額} \quad (2.10)$$

要素所得の総額は要素供給の総額と、要素支払いの総額は要素需要の総額とそれぞれ一致し、家計と生産者の負担税額の合計が実際に徴収された税収に等しいから、上の 2 式をまとめると

$$(\text{財需要の総額}|\text{財供給の総額})+(\text{要素需要の総額}|\text{要素供給の総額})+(\text{徴収税収}|\text{予定税収})=0 \quad (2.11)$$

となる。これが一般化された形でのワルラス法則に他ならない。

繰り返しになるが、AGE モデルを構成する方程式群は恒等的にワルラス法則を満たしている。さらに個別の方程式について均衡が成立するような解(一般均衡解)を求めることによって、全ての市場において需給均衡が成立する、一般均衡を実現することが出来る。政策の導入によって税率等を変更した場合、各方程式が成立しなくなり、各市場の均衡状態は崩れるが、変更された税率等の下で新たな一般均衡解を求めることによって、シミュレーションを行う。

## 2.4 応用一般均衡(AGE)2000 年モデルの構造

### 2.4.1 AGE2000 モデルの構成要素

AGE2000 年モデルは 39 種の「生産財」と、これと一対一に対応する 39 種の「産業」、所得階級別に分類された 18 の「家計」グループ(表 2.1)、そして「政府」から構成された、一国モデルであり、2000 年を基準年とした静学モデルである。生産にあたって「産業」が必要とする生産要素は「労働」と「資本」であり、それらは「家計」によって供給される。政府は表 2.2 の税を徴収する。炭素税に関しては、エネルギー財の採掘及び輸入の段階で課税する「最上流課税」と、家計がエネルギー財を購入する際に課税する「家計消費課税」の 2 通りが存在する。「最上流課税」の場合、炭素税は生産物税及び輸入税に上乗せする形で課税される。「家計消費課税」の場合、炭素税は消費税に上乗せする形で課税される。

AGE2000 年モデルの主要な仮定は以下の通りである。

表 2-1 家計 19 部門と所得階層

	1	....	18	→	所得階層
食料	1			1	-200
住居	2			2	200-250
電気代	3			3	250-300
ガス代	4			4	300-350
他の光熱	5			5	350-400
上下水道料	6			6	400-450
家事用耐久財	7			7	450-500
冷暖房機器	8			8	500-550
一般家具	9			9	550-600
その他家具等	10			10	600-650
被服及び履物	11			11	650-700
保健医療	12			12	700-750
交通	13			13	750-800
自動車等購入	14			14	800-900
自動車等維持	15			15	900-1000
通信	16			16	1000-1250
教育	17			17	1250-1500
教養娯楽	18			18	1500-
その他の消費支出	19				

表 2-2 AGE2000 年モデルにおける税の分類

労働税	労働使用量に応じて「産業」が支払う	社会保障社会保険料
資本税	資本使用量に応じて「産業」が支払う	法人税、固定資産税、等
生産物税	生産量に応じて「産業」が支払う	酒税、たばこ税、揮発油税、等
所得税	所得に応じて「家計」が支払う	所得税
消費税	消費に応じて「家計」が支払う	消費税
その他直接税	消費に応じて「家計」が支払う	個人住民税均等割、自動車税、等
炭素税（最上流課税）	中間投入した化石燃料に対して「産業」が支払う	炭素税

1. 企業は規模に関する収穫一定
2. 生産関数は Leontief 型
3. 企業の行動原理は要素費用最小化であり、付加価値関数は Cobb=Douglas 型
4. 家計の行動原理は効用最大化であり、効用関数は 2 段階 CES 関数
5. 輸出量(EX)、輸入量(MP) は輸出入関数で決定

1. の仮定によって、産業では需要量に見合うだけの生産が行われる。これによって財市場は常に均衡することになる。2. の仮定は、産業が生産にあたって投入する中間投入財(39種類)と生産要素(資本と労働を合成したもの)の間に代替性は無く、一定比率で投入がなされることを意味する。生産要素である資本と労働の間には代替性が存在し、その比率は 3. の付加価値関数一定の元で費用最小化を行うことによって決定される。なお Cobb=Douglas 型であるため、資本と労働の代替弾力性は 1 となる。

#### 2.4.2 財及び生産要素の需給計算の流れ素

AGEモデルでは、方程式群を全て成立させる一般均衡解を求める事でシミュレーションを行う。AGE2000 年モデルの場合、方程式の変数は資本価格と労働価格の比( $P_K=P_L$ )、予定税収( $T$ )、海外投資( $IEX$ )の3つとなる。先に述べたとおり、生産者に関して規模に関する収穫一定を仮定しているために、財市場の需給は常に成り立つ。また、輸出入が存在するため、一般均衡の条件に「純輸出と資本投資の均衡」が加えられ、海外投資が変数として加わる。

図2.1 に、財及び生産要素の需給を求めるまでの計算フローを示す。労働価格と資本価格の比( $P_K=P_L$ )、予定税収( $T$ )、海外投資( $IEX$ )の3変数を設定する事で、労働需要、労働供給、資本需要、資本供給、税収、純輸出が求まる。次式を満たす解を求める事で一般均衡状態を実現できる<sup>1</sup>。

$$(\text{労働需要} / \text{労働供給})^2 + (\text{資本需要} / \text{資本供給})^2 + (\text{税収} / \text{予定税収})^2 + (\text{純輸出} / \text{海外投資})^2 = 0 \quad (2.12)$$

<sup>1</sup> 一般均衡解の求解にはMicrosoft 社の表計算ソフトExcel のマクロであるsolver を用いている。

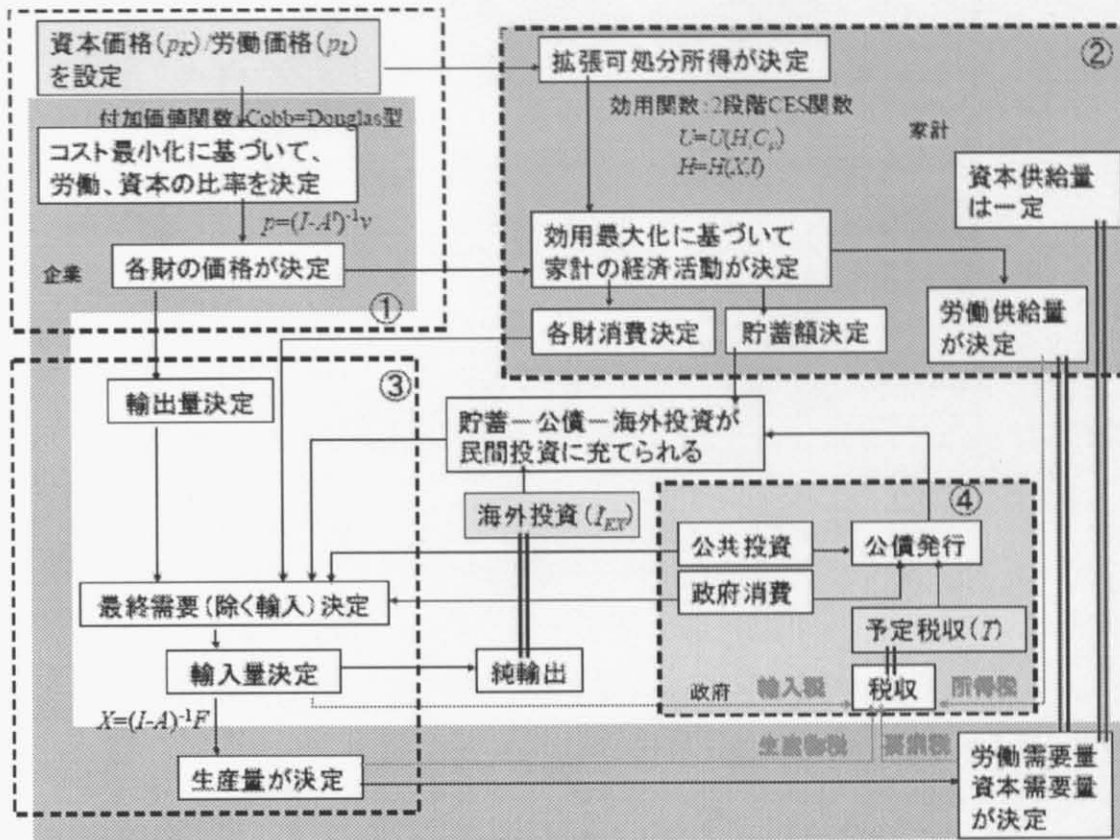


図 2-1 需給決定までの流れ

### 産業での生産と価格の形成

モデルでは表2.3の39種の産業が存在する。各産業は一種類ずつ生産財を産出すると想定している。各産業は、資本と労働の2つの生産要素、39種産業の生産財（中間財）を用いて、費用最小化原理のもとで生産活動を行う。

第 $j$ 産業の生産関数は(2.13)式のレオンチェフ型関数で表される。レオンチェフ型の生産関数では、生産物1単位あたりに必要な各中間投入財の量は、基準年の中間投入ベクトルで固定されている。また、既に述べたとおり、規模に関する収穫一定が想定されている。

$$Q_j = \min \left[ V A_j / a_0, X_{1j} / a_{1j}, \dots, X_{nj} / a_{nj} \right] \quad (2.13)$$

表 2-3 AGE2000 年モデルにおける産業・生産財の分類

1	食料	1	農林水産業	20	一般機械
2	住居	2	石灰石	21	電気機械
3	電気代	3	石炭	22	自動車
4	ガス代	4	原油	23	輸送機械
5	他の光熱	5	天然ガス	24	精密機械
6	上下水道料	6	その他鉱業	25	その他の製造工業製品
7	家事用耐久財	7	食料品	26	建設
8	冷暖房機器	8	繊維製品	27	電力
9	一般家具	9	木製品	28	都市ガス
10	その他家具等	10	紙・パルプ	29	熱供給業
11	被服及び履物	11	印刷	30	上下水道
12	保健医療	12	化学	31	廃棄物処理
13	交通	13	石油製品	32	商業
14	自動車等購入	14	石炭製品	33	金融・保険
15	自動車等維持	15	窯業・土石製品	34	不動産
16	通信	16	セメント	35	運輸
17	教育	17	鉄鋼	36	通信・放送
18	教養娯楽	18	非鉄金属	37	サービス業
19	その他の消費支出	19	金属製品	38	政府サービス
				39	対家計民間非営利サー

ここで、第  $j$  産業の生産量を  $Q_j$ 、中間財として用いた第  $i$  産業の生産財投入量を  $X_{ij}$ 、付加価値を  $VA_j$ 、投入係数を  $a_{ij}$  ( $i \neq 0$ )、 $a_{0j}$  を生産1単位あたりの付加価値を示す付加価値比率としている。企業は費用最小化原理の元で生産活動を行うが、一単位あたりの生産に必要な付加価値及び各中間投入財は一定であるので、実際には付加価値1単位あたりの粗要素費用が最小となるように、資本と労働の使用比率を決定する。付加価値関数  $VA_j$  は(3.14)式のCobb-Douglas型の関数である

$$VA_j = \gamma_j L_j^{\alpha_j} K_j^{1-\alpha_j} \quad (2.14)$$

ただし、

$L_j$  : 労働使用量、 $K_j$  : 資本使用量、 $\alpha_j, \gamma_j$  : パラメータであり、基準年における

$L_j / (L_j + K_j)$  に等しい。産業に関しては先に述べたとおり、規模に関する収穫一定を想定しており、産業は生産財の需要量にそれぞれ見合うだけの生産を行うとみなされる。収穫一定のため、価格は需要と供給のバランスによって決まるのではなく、生産費用によって決定される。第  $j$  産業は費用最小化原理に基づき、与えられた労働価格  $P_L$ 、資本価格  $P_K$ <sup>2</sup>、労働税率  $t_{Lj}$ 、資本税率  $t_{Kj}$  の下で、付加価値1単位  $VA_j = 1$  当たりの粗要素費用

<sup>2</sup> 労働価格、資本価格は全産業で共通であると考ええる。つまり、労働・資本とも産業内ならびに産業間を自由に移動できると仮定している。



$(1+t_{Lj})P_L L_j + (1+t_{Kj})P_K K_j$  を最小にする。これは(2.15)式の最小化問題であり、これを Lagrange 未定乗数法等によって解くことで、労働と資本の派生需要（付加価値を一単位追加する際の、労働と資本の需要増加量） $D_{Lj}$   $D_{Kj}$  が(2.16)(2.17)式のように決まる。

$$\begin{aligned} p_{Lj}^+ L_j + p_{Kj}^+ K_j &\rightarrow \min \\ \text{s.t.} & \\ \gamma_j L_j^{\alpha_j} K_j^{1-\alpha_j} &= 1 \end{aligned} \quad (2.15)$$

ただし、 $p_{Lj}^+ = (1+t_{Lj})P_L$  である。  
 $p_{Kj}^+ = (1+t_{Kj})P_K$

$$\begin{aligned} D_{Lj} &= \gamma_j^{-1} [\alpha_j p_{Kj}^+ / (1-\alpha_j) p_{Lj}^+]^{(1-\alpha_j)} \\ D_{Kj} &= \gamma_j^{-1} [(1-\alpha_j) p_{Kj}^+ / \alpha_j p_{Lj}^+]^{\alpha_j} \end{aligned} \quad (2.16), (2.17)$$

ここで、

第  $j$  生産財の需要量が  $Q_j$  であったとすると、財価格  $P_j$  は産出量一単位あたりの生産費用に等しい水準に決まり、生産費用は、税込みの要素費用、純生産物税（生産物税-補助金）支払、中間消費の合計であるから、 $P_j$  に関して(2.18)式が成立する。

$$p_j = a_{0j} [(1+t_{Lj})p_L D_{Lj} + (1+t_{Kj})p_K D_{Kj}] (1+t_{oj}^-) + \sum_i p_i a_{ij} \quad (2.18)$$

( $t_{oj}^-$  は純生産物税率)

まとめて行列形式で表現すると、式(2.19)のようになる。

$$\begin{pmatrix} p_1 \\ \vdots \\ p_j \\ \vdots \\ p_{39} \end{pmatrix}' = \begin{pmatrix} a_{01} [p_{L1}^+ D_{L1} + p_{K1}^+ D_{K1}] (1+t_{o1}^-) \\ \vdots \\ a_{0j} [p_{Lj}^+ D_{Lj} + p_{Kj}^+ D_{Kj}] (1+t_{oj}^-) \\ \vdots \\ a_{039} [p_{L39}^+ D_{L39} + p_{K39}^+ D_{K39}] (1+t_{o39}^-) \end{pmatrix} (I-A)^{-1} \quad (2.19)$$

ここで、 $I$  は単位行列、 $A$  は投入係数行列、 $'$  は転置を表す。

一方、家計は生産財を一定の比率で組み合わせた消費財を消費する。モデルにおける消費財は表2-4 の19 財である。生産財価格が確定するとそれに対応して、消費財価格 $q_i$ が変換行列 $C$ を通じて(2.20) 式のように決まる。

表 2-4 家計消費財

		1	...	18
食料	1			
住居	2			
電気代	3			
ガス代	4			
他の光熱	5			
上下水道料	6			
家事用耐久財	7			
冷暖房機器	8			
一般家具	9			
その他家具等	10			
被服及び履物	11			
保健医療	12			
交通	13			
自動車等購入	14			
自動車等維持	15			
通信	16			
教育	17			
教養娯楽	18			
その他の消費支出	19			

$$(q_1, \dots, q_{19}) = (p_1, \dots, p_{39})C \quad (2.20)$$

この39 行19 列の行列 $C$ の第 $i$ 列は、第 $i$ 消費財を1 単位供給するのに必要な各生産財の量を表す。消費段階で税率 $t_{c_i}$ の消費税が存在する場合は、家計が直面する消費財価格は税込

みで $(1+t_{c_i})q_i$ となり、これを $q_i^+$ と表す。

### 家計の経済行動

各家計は労働及び資本の生産要素を供給し、その対価として労働所得及び資本所得を得る。また所得としては上の二つのほかに、政府からの移転所得(年金等)がある。これらの所得から所得税、社会保障負担、その他直接税を除いたものが可処分所得となる。モデルでは家計は労働価格と財価格を見ながら、効用が最大となるように、一定の労働保有量のうちの労働供給と余暇の比率を決定し、その結果、労働供給量が決まると想定している。つまり、労働所得が決定してから最適行動を決定するのではなく、最適行動を決定した結果、労働所得が決定することになる。そこで、可処分所得に余暇の機会費用を加えたもの

を拡張可処分所得  $I_d$  と定義する<sup>3</sup>。これは、可処分所得の中の所得税引き後の労働所得  $p_L^-(E_L - l)$  を所得税引き後の労働価格  $p_L^-$  での労働保有量  $E_L$  の評価額  $p_L^- E_L$  に置換したものと同値である。ここで、 $l$  は余暇をあらわす。  $p_L^- = (1 - t_l)p_L$  であり、 $t_l$  は個人所得税の税率を表す。また、労働供給は労働保有量  $E_L$  と余暇  $l$  の差  $E_L - l$  として定まる。この拡張可処分所得  $I_d$  を予算制約として、家計は次式の効用関数を最大化すると仮定する。

$$\begin{aligned} U &= U[H, C_F] \\ H &= H[\bar{X}, l] \end{aligned} \quad (2.21)$$

ここで、 $H$  は消費財  $X_j$  と余暇  $l$  との効用関数としての現在消費を意味し、 $C_F$  は期待される将来消費を表す。添え字  $j$  は消費財の分類を表す。 $C_F$  を決定することは、貯蓄の額を決定することと同値である。つまり、家計はまず拡張可処分所得  $I_d$  を予算制約として、 $U$  が最大となるように貯蓄額  $p_s S$  ( $p_s$  は貯蓄財価格、 $S$  は貯蓄財購入量) と、余暇も含めた現在消費  $H$  の割合を決定する。その上で、 $I_d - p_s S$  を予算制約として、 $H$  が最大となるように  $\bar{X}$  と  $l$  の割合を決定する。

ここで  $\bar{X}$  は19種類の消費財をCobb-Douglas型関数で集計した合成消費財である<sup>4</sup>。つまり、

$$\bar{X} = \prod_j X_j^{\lambda_j} \quad (2.22)$$

である。ここで  $\lambda_j$  は初期時点における、全消費財への支出合計に占める第  $j$  消費財のシェアである。

$$\lambda_j = X_j q_j^+ / \sum_{i=1}^{19} X_i q_i^+ \quad (2.23)$$

合成消費財  $\bar{X}$  の価格  $\bar{q}$  は、

$$\bar{q} = \prod_{j=1}^{19} (q_j^+ / \lambda_j)^{\lambda_j} \quad (2.24)$$

となる。このとき、合成消費財  $\bar{X}$  とその価格  $\bar{q}$  の積は、

<sup>3</sup> 余暇比率=余暇の機会費用/(労働供給量+ 余暇の機会費用)、とすると、基準年の労働供給量と基準年の余暇比率から、基準年の余暇の機会費用を求めることが出来る。基準年の余暇比率は総務省社会生活基本調査からおよそ2.04と推計している。

<sup>4</sup> 家計は消費支出予算の元で  $X_i$  が最大となるよう  $X_i j$  の消費量を決定するので、 $X_i$  も効用関数であるといえる。

$$\begin{aligned}\bar{X} \bar{q} &= \prod_{j=1}^{19} \bar{X}_j^{\lambda_j} \prod_{j=1}^{19} (q_j^+ / \lambda_j)^{\lambda_j} \\ &= \sum_{j=1}^{19} \bar{X}_j q_j^+\end{aligned}\quad (2.25)$$

となり、全消費財への支出合計と一致するので、合成消費財  $\bar{X}$  の価格  $\bar{q}$  は、(2.24)で正しい。モデルでは、家計の効用関数としてCES関数を想定しており、 $U$ 、 $H$ は、次式のようになる。

$$\begin{aligned}U &= U[\alpha^{1/\sigma_2} H^\nu + (1-\alpha)^{1/\sigma_2} C_F^\nu]^{1/\nu} \\ H &= H[(1-\beta)^{1/\sigma_1} \bar{X}^\phi + \beta^{1/\sigma_1} I^\phi]^{1/\phi}\end{aligned}\quad (2.26)$$

効用パラメータの  $\sigma_1$  は合成消費財  $\bar{X}$  と余暇  $I$  との間の代替弾力性、 $\sigma_2$  は現在消費  $H$  と将来消費  $C_F$  との間の代替弾力性を表す<sup>5</sup>。また  $\alpha$  と  $\beta$  はウェイト付けのパラメータである。

次に、貯蓄と将来消費との関係について述べる。貯蓄は民間投資、公債購入、海外投資に充てられるが、ここでは民間投資に充てられた場合について考える。家計は産業に賃貸している資本1単位につき、来期以降毎年、資本価格  $p_K$  に等しい資本所得を受け取る<sup>6</sup>。この資本所得のうち、個人所得税の課税対象となるものの割合(課税対象割合)を  $\nu_l$  とすると、 $p_K$  のうち  $p_K \nu_l$  に対して個人所得税  $t_l$  が課せられるので、実効資本価格  $p_K^-$  は次式のようになる。

$$p_K^- = (1 - \nu_l) p_K \quad (2.27)$$

貯蓄財  $S$  一単位につき生み出される資本所得を  $\sigma$  とする<sup>7</sup>。家計は貯蓄財価格  $p_S$  を支払うことによって一単位の貯蓄財を得ることが出来るが、この貯蓄財から期待することが出来る来期以降の資本所得は  $p_K^- \sigma$  である。よって貯蓄一単位あたりの資本所得(期待純収益率)  $r$  は

<sup>5</sup> AGE2000 モデルでは  $s1i$ 、 $s2i$  の値は市岡に倣っており、全階級で  $s1i = 0.05$ 、 $s2i = 0.10$  としている。市岡はこの2つのパラメータについて感度分析を行っており、その結果これらのパラメータの変動は均衡計算結果にさほど影響を与えないことを確認している。

<sup>6</sup> 基準時点においては資本価格  $p_K$  は1である。逆に、資本所得を1得られる量の資本を一単位と数えていることになる。

<sup>7</sup> 言い換えれば、貯蓄財一単位を資本に変換するレートが  $d$  である。AGE2000 年モデルでは  $d$  の値は市川に倣って0.063としているが、この値は1980年の統計に基づいているので、改定されるべきものである。

$$r = p_K^- \delta / p_s \quad (2.28)$$

となる。貯蓄  $S$  からの収益は、来期以降毎年の消費の一部  $C_F$  をファイナンスするための資金となる。家計は将来の消費財価格は現在の消費財価格と等しいとみなす近視眼的な期待

をもっていると仮定すると、将来消費における合成消費財価格は現在の合成消費財  $\bar{X}$  の価格  $\bar{q}$  と等しく、

$$p_K^- \delta S = q \bar{C}_F \quad (2.29)$$

が成り立つ。したがって貯蓄額と将来消費との関係は次式になる。

$$p_s S = \left( p_s \bar{q} / p_K^- \delta \right) C_F \quad (2.30)$$

ここで、 $\left( p_s \bar{q} / p_K^- \delta \right)$  を将来消費の価格  $p_F$  とおくと、

$$p_s S = p_F C_F \quad (2.31)$$

と書ける。将来消費に関する以上の導出は、貯蓄が民間投資に充てられた場合に関するものであるが、モデルでは家計が予想する公債購入、海外投資の期待純収益率は民間投資のそれと等しいと仮定している。以上の導出を踏まえて、家計の最適行動によって遂行される消費・余暇・貯蓄の配分を計算する。

家計はまず、

$$I_D = p_H H + p_s S = p_H H + p_F C_F \quad (2.32)$$

の制約のもとで、効用  $U$  を現在消費  $H$  と将来消費  $C_F$  に関して最大化する。この最適化問題の解として、 $H$ 、 $C_F$  が求められる。

次に、所得制約(2.32)のもとで、家計は効用  $U$  を合成消費財消費量  $\bar{X}$  と余暇  $l$  に関して最

大化する。この最適化問題の解として、 $\bar{X}$  と  $l$  が、求められる。またこの最大化問題に付随するラグランジュ乗数から、現在消費の価格  $p_H$  が定まる。

最後に、家計は予算制約を用いて、合成消費水準を最大化するように19種類の消費財  $X_j$  の消費量を決定する。すなわち、次式の最大化問題によって消費財の消費量を決定する。

$$\begin{aligned} \bar{X} = \prod_j X_j^{\beta_j} &\rightarrow \max \\ \text{s.t.} \quad I_D - p_s S - p_L l &= \prod_{j=1}^{19} q_j^* X_j \end{aligned}$$

この解として、 $X_j$  が次式のように決定される。

$$X_j = \lambda_j (I_D - p_s S - p_L^{-1} l) / q_j^+ \quad (2.33)$$

最終需要、生産量及び要素需要の決定

モデルの最終需要項目を示す。消費財  $j$  の消費量  $X_j$  は、3.31式のように決まった。変換行列  $C = [c_{ij}]$  を適用すると、生産財表示の家計消費需要  $X_i^+$  が次式によって得られる。

$$X_i^+ = \sum_j^{19} c_{ij} X_j \quad (2.34)$$

表3.3 モデルの最終需要項目

	最終需要項目	文字
a	家計最終消費	$X_i^+$
b	公的消費	$C_{Gi}$
c	公的投資	$I_{Gi}$
d	民間投資	$I_{Pi}$
e	輸出	$EX_i / P_i$
f=a+b+c+d+e	財の需要	$F_i^+$
g	輸入(控除)	$MP_i / P_i$
h	輸入税(控除)	$t_M MP_i / P_i$
i=f+g+h	最終需要	$F_i$

次に、公的消費  $C_{Gi}$ 、公的投資  $I_{Gi}$  であるが、政策変更のない限り、公的消費、公的投資は価格の変化を除いた実質量で基準年のまま一定であるとしている。つまり  $C_{Gi}$ 、 $I_{Gi}$  は実質値であるので、一定である。

民間投資  $I_{Pi}$  はその合計  $I_{Pi} = \sum_i^{39} I_{Pi}$  が、家計からの貯蓄流入量によって決まる。家計貯蓄は公債Bの購入、海外投資  $I_{EX}$  に充てられ、残額が民間投資にまわることになる。

$$I_P = (dp_p S - B - I_{EX}) / p_s \quad (2.35)$$

$I_P$  は、各生産財の初期の民間投資シェア  $c_{is}$  で分配され、各生産財の民間投資需要が次式のようにもとまる。

$$I_P = c_{is} I_P = c_{is} (dp_p S - B - I_{EX}) / p_s \quad (2.36)$$

各生産財の輸出  $EX_i$  (名目値) は次式の輸出係数によって決まる。

$$EX_i = EX_i^* (p_i / PF_i)^{\eta_i} \quad (2.37)$$

$EX_i^*$  は基準年の輸出量、 $PF_i$  は第*i*生産財の国際価格<sup>8</sup>、 $\eta_i$  は第*i*輸出財の価格弾力性である。

以上より、財の需要  $F_i^+ = X_i^+ + C_{Gi} + I_{Gi} + I_{Pi} + EX_i / p_i$  が求まった。財の需要の合計を  $F^+ = \sum_i^{39} F_i^+$  とすると、第*i*財の輸入MPi（名目値）は次式の輸入関数によってもとまる。

$$MP_i = (1 + t_{Mi}^*)^{\mu_i} MP_i^* [P_i / (1 + t_{Mi}) PF_i]^{\mu_i} (F^+ / F^{+*})^{\alpha_i} \quad (2.38)$$

ここで、 $t_{Mi}$  は第*i*財の輸入税率、 $t_{Mi}^*$  は第*i*財の基準年の輸入税率である。また  $MP_i^*$  第*i*財の基準年の輸入量、 $F^{+*}$  はきじゅん年の財の需要である。 $\mu_i$  は第*i*輸入財の価格弾力性、 $\alpha_i$  は第*i*輸入財の所得弾力性である<sup>9</sup>。

以上により最終需要  $F_i$  が次式のようにもとまる。

$$F_i = X_i^+ + C_{Gi} + I_{Gi} + I_{Pi} + [EX_i - (1 + t_{Mi}) MP_i] / p_i \quad (2.39)$$

投入係数行列Aに基づいて、最終需要から各産業における財産出量Qiが次式のように定まる。

$$\begin{pmatrix} Q_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ Q_{39} \end{pmatrix} = (I - A)^{-1} \begin{pmatrix} F_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ F_{39} \end{pmatrix} \quad (2.40)$$

産出量が求まると、付加価値1単位当たりの要素需要  $D_{Li}$ 、 $D_{Ki}$  により、その産業における要素需要  $L_i$ 、 $K_i$  が次式のようにもとまる。

$$L_i = a_{0i} Q_i D_{Li} \quad (2.41)$$

$$K_i = a_{0i} Q_i D_{Ki} \quad (2.42)$$

これらの要素需要を39産業について総計して、労働と資本の  $L_D$ 、 $K_D$  がもとまる。

$$L_D = \sum_i^{39} L_i \quad (2.43)$$

$$K_D = \sum_i^{39} K_i \quad (2.44)$$

<sup>8</sup> 通常は1である

<sup>9</sup> これらの値は市岡を参照している。1980年の統計を基にしており、改定されるべきものである。

表 2-5 輸入関数パラメータ

財	$\mu$	$\alpha$	$\eta$	財	$\mu$	$\alpha$	$\eta$
1	0.11	0.45	-0.68	20	2.43	1.1	-1.4
2	0.97	1.08	-1.86	21	0.03	1.1	-1.48
3	0.97	1.08	-1.86	22	0.03	1.1	-0.88
4	0.97	1.08	-1.86	23	0.03	1.1	-0.88
5	0.97	1.08	-1.86	24	2.43	1.1	-1.75
6	0.97	1.08	-1.86	25	1.87	1.1	-2.08
7	0.84	0.45	-2.31	26	0	0	0
8	0.33	1.1	-1.31	27	0	0	0
9	0.56	1.1	-0.29	28	0	0	0
10	0.56	1.1	-0.29	29	0	0	0
11	0.56	1.1	-0.29	30	0	0	0
12	0.03	1.1	-1.59	31	0	0	0
13	0.25	1.1	0	32	0.03	1.1	-1.33
14	0.25	1.1	0	33	0.03	1.1	-1.03
15	1.54	1.1	-1.71	34	0	0	0
16	1.54	1.1	-1.71	35	0.39	1.1	-1.03
17	0.27	1.1	-0.6	36	0.39	1.1	-1.03
18	0.27	1.1	-0.6	37	1.7	1.1	-1.03
19	0.93	1.1	-2.19	38	0	0	0
				39	0	0	0

## 財政

政府は、予定税収 $T$ 及び政府支出（＝公的消費＋公的投資）から、財政赤字額を判断し、公債を発行する<sup>10</sup>。

$$B = T - C_G - I_G \quad (2.45)$$

ただし、 $C_G = \sum_i P_i C_{Gi}$  は公的消費総額、 $I_G = \sum_i P_i I_{Gi}$  は公的投資総額である。

各財源からの政府の収入は次のようになる。生産段階での労働税収 $T_L$ 、資本税収 $T_K$ はそれぞれの要素使用から次式のようになる。

$$T_L = \sum_i^{39} t_{Li} p_L L_i \quad (2.46)$$

$$T_K = \sum_i^{39} t_{Ki} p_K K_i \quad (2.47)$$

純税生産物税収 $T_O^-$ はタックスベースを各産業の付加価値 $VA_i$ とすることから次式のようになる。

$$T_O^- = \sum_i^{39} t_{Oi}^- VA_i \quad (2.48)$$

輸入段階で徴収される輸入税収 $T_M$ は

<sup>10</sup> 実際の税収と政府支出から公債発行額を決定するのではない。公債発行額を定めることによって民間投資額等が決定し、その結果要素税額等が求まるので、「公債発行額＝政府支出・実際の税収」とすると循環参照が発生する



$$T_M = \sum_i^{39} t_{Mi} MP_i \quad (2.49)$$

となる。家計の所得に関しては所得税が賦課され、所得税収は次式のようなになる。

$$T_l = t_l [p_L (E_L - l) + v p_K E_K] \quad (2.50)$$

さらに家計からその他直接税  $T_H$  が徴収されるが、これは政策変更がない限り、基準年と同額である。さらに消費税  $T_C$  が徴収される。

$$T_C = \sum_i^{39} t_{Ci} X_i^+ \quad (2.51)$$

以上より、政府の総税収  $T^+$  が確定する。

$$T^+ = T_L + T_K + T_O^- + T_M + T_l + T_H + T_C \quad (2.52)$$

#### 一般均衡条件

モデルの一般均衡条件は、(2.53) (2.54) 式の要素需要の均衡、(2.55) 式の予定税収と総税収の均衡、(2.56) 式の純輸出と海外投資の均衡である。

$$L_D = L_S \quad (2.53)$$

$$K_D = K_S \quad (2.54)$$

$$T = T^+ \quad (2.55)$$

$$\sum_i (EX_i - MP_i) = I_{EX} \quad (2.56)$$

$L_S$  は基準年から一定値である労働保有量  $E_L$  から、効用関数最大化によってもとまった余暇  $l$  を控除して得られる労働供給量に世帯数  $d$  を乗じたものに等しい。 $K_S$  に関しては、基準年から一定値である資本保有量  $E_K$  が全て供給されると考えるので、これに等しい。よって  $L_S$ 、 $K_S$  は次式ようになる。

$$L_S = \sum_h d_h (E_{Lh} - l_i) \quad (2.57)$$

$$K_S = \sum_h d_h E_{Kh} \quad (2.58)$$

以上により、モデルの一般均衡条件を表すことができた。

#### Hicks の等価変分

家計の厚生尺度として AGE2000 年モデルでは Hicks の等価変分 (EV: equivalent variation) を採用している。第  $i$  所得階級に属する家計の等価変分  $EV_i$  は、変化後の効用水

準 $U_i^1$ を変化前の価格 $p^0$ の元で達成するのに必要な支出と、変化前の所得 $I_{D_i}^0$ との差で表さ

れる。所与の価格 $p$ のもとで効用 $U_i$ を達成するための最小の支出を表す支出関数を

$E_i(p, U_i)$ で表すと、 $EV_i$ は(2.59)式で表される。

$$EV_i = E_i(P^0, U_i^1) - I_{D_i}^0 \quad (2.59)$$

本モデルでは家計の効用は(2.60) (2.61) 式のようなCES関数によって表現されている。

$$U_i = [\alpha_i^{1/\sigma_{2i}} H_i^{\sigma_{2i}} + (1 - \alpha_i)^{1/\sigma_{2i}} C_{Fi}^{\sigma_{2i}}]^{1/\sigma_{2i}} \quad (2.60)$$

$$H_i = [\beta_i^{1/\sigma_{1i}} l_i^{\sigma_{1i}} + (1 - \beta_i)^{1/\sigma_{1i}} \bar{X}^{\sigma_{1i}}]^{1/\sigma_{1i}} \quad (2.61)$$

ここで $H_i$ は現在消費、 $C_{Fi}$ は将来消費である。 $\sigma_{1i}$ は重み付けのパラメータであり、 $\sigma_{2i}$ は現在消費 $H_i$ と将来消費 $C_{Fi}$ の代替弾力性を表すパラメータである。

$H_i$ と $C_{Fi}$ は、予算制約式 $I_{D_i} = p_{Hi}H_i + p_{Fi}C_{Fi}$ のもとで効用最大化を行うことによって求まり、

$$H_i = \alpha_i I_{D_i} / [P_{Hi}^{\sigma_{2i}} \{\alpha_i P_{Hi}^{1-\sigma_{2i}} + (1 - \alpha_i) P_{Fi}^{1-\sigma_{2i}}\}] = \alpha_i I_{D_i} / (P_{Hi}^{\sigma_{2i}} P_i^+) \quad (2.62)$$

$$C_{Fi} = (1 - \alpha_i) I_{D_i} / [P_{Fi}^{\sigma_{2i}} \{\alpha_i P_{Hi}^{1-\sigma_{2i}} + (1 - \alpha_i) P_{Fi}^{1-\sigma_{2i}}\}] = (1 - \alpha_i) I_{D_i} / (P_{Fi}^{\sigma_{2i}} P_i^+) \quad (2.63)$$

ここで $P_i^+ = \alpha_i P_{Hi}^{1-\sigma_{2i}} + (1 - \alpha_i) P_{Fi}^{1-\sigma_{2i}}$ である。求まった $H_i$ と $C_{Fi}$ から所与の価格と所得の

元で達成可能な最大効用を表す間接効用関数が得られる。間接効用関数は式(2.64)のようになる。

$$\begin{aligned} U_i(p, I_{D_i}) &= \alpha_i^{1/\sigma_{2i}} [\alpha_i^{1/\sigma_{2i}} \{\alpha_i I_{D_i} / (p_{Hi}^{\sigma_{2i}} p_i^+)\}^{(\sigma_{2i}-1)/\sigma_{2i}} + (1 - \alpha_i)^{1/\sigma_{2i}} \{(1 - \alpha_i) I_{D_i} / (p_{Fi}^{\sigma_{2i}} p_i^+)\}^{(\sigma_{2i}-1)/\sigma_{2i}}]^{1/(\sigma_{2i}-1)} \\ &= [\alpha_i I_{D_i}^{(\sigma_{2i}-1)/\sigma_{2i}} / (p_{Hi}^{\sigma_{2i}} p_i^+)^{(1-\sigma_{2i})/\sigma_{2i}} + (1 - \alpha_i) I_{D_i}^{(\sigma_{2i}-1)/\sigma_{2i}} / (p_{Fi}^{\sigma_{2i}} p_i^+)^{(1-\sigma_{2i})/\sigma_{2i}}]^{1/(\sigma_{2i}-1)} \\ &= I_{D_i} (p_i^+)^{-1} [\alpha_i p_{Hi}^{\sigma_{2i}(1-\sigma_{2i})} + (1 - \alpha_i) p_{Fi}^{1-\sigma_{2i}}]^{1/(\sigma_{2i}-1)} \\ &= I_{D_i} (p_i^+)^{1/(\sigma_{2i}-1)} \end{aligned} \quad (2.64)$$

(2.60)効用最大化の元では予算 $I_{D_i}$ と支出関数 $E_i(p, U_i)$ は同値なので、

$$E_i(p, U_i) = I_{Di} = U_i(P_i^*)^{1/(1-\sigma_{2i})} = U_{ip} U_i \quad (2.65)$$

となる。ここで  $pU_i = (p+i)l = (l_{is}2_i)$  である。

従って  $I_{Di}^0 = E(p^0, U_i^0)$  を考慮すると (2.65) 式は以下のように書き換えられる

$$EV_i = E_i(p^0, U_i^0) - I_{Di}^0 = E_i(p^0, U_i^1) - E_i(p^0, U_i^0) = U_i^1 p^0_{U_i} - U_i^0 p^0_{U_i} = (U_i^1 - U_i^0) p^0_{U_i}$$

(2.66)

ここで

$$p^0_{U_i} = I_{Di}^0 / U_i^0 \quad (2.67)$$

なので

$$EV_i = I_{Di}^0 [(U_i^1 - U_i^0) / U_i^0] \quad (2.68)$$

が得られる。

家計全体の総厚生水準の変化を捉える厚生尺度としては、各家計の等価変分の和で表される総厚生変化(AWC: aggregate welfare change)がある。EV は一世帯あたりの値であるため、第 i 階級に属する世帯数を  $d_i$  とすると、AWC は(2.69) 式のように表される。

$$AWC = \sum_{i=1}^{18} d_i EV_i \quad (2.69)$$

### 2.4.3 二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出起源が直接的な発生源のみに配分されているのではなく、家庭における消費活動を評価する場合には、間接的な排出も考慮すべきである。例えば、家庭において電力を使用しても直接の二酸化炭素の排出はないが、波及効果を考慮すれば発電所等で間接的に二酸化炭素の排出が生じている。そこで、このモデルでは直接の排出源ではなく最終消費者に二酸化炭素の排出量を配分するようにしている。

生産財 j 財の国内生産額  $x_j$  に対し、その輸入額  $m_j$ 、輸出額  $e_j$  があつた場合、その比例

係数を輸入係数  $m_i = \bar{m}_i(x_j + m_i - e_j)$  として、 $\bar{m}_i$  を対角要素とする対角行列  $\bar{M}$  を定義する。

これを利用して、国内最終消費額  $fd$  によって誘発される国内生産額  $x$  を以下の式で表すことができる。

$$Ax + fd - m = x \quad (2.70)$$

$$m = \bar{M}(Ax + fd) \quad (2.71)$$

これを整理して、

$$x = \left( I - \left( I - \bar{M} \right) A \right)^{-1} \left[ \left( I - \bar{M} \right) fd + e \right] \quad (2.72)$$

となる。

生産財の国内最終消費による二酸化炭素排出量は、ガスなど使用により発生する直接の排出量と流通時や生産活動などにおいて、間接的に発生する誘発排出量の和で表現される。

j 財の国内最終消費額  $fd_j$  による直接の二酸化炭素排出量は、使用時の燃焼による排出原単位

を対角要素としてもつ対角行列  $\hat{E}_f$  によって、間接の排出量は、各財の排出原単位を対角

要素としてもつ対角行列  $\hat{E}$  によって、生産財 j 財の国内消費による誘発二酸化炭素排出総量

$C_j$  は、3.59 式から、3.60 式として表される。

$$C_j = \left[ \hat{E} \left( I - \left( I - \bar{M} \right) A \right)^{-1} + \hat{E}_f \right] \left( I - \bar{M} \right) fd_j \quad (2.73)$$

次に、生産財別に得られた排出量  $C_j$  から、変換行列 C を用いて、消費財の誘発二酸化炭素原単位を算出する。家計での消費活動を見る場合、生産財別に見るよりも、消費財別に見たほうが、把握が容易であるからである。結果を、表 2-6 に示す。

表 2-6 消費財誘発二酸化炭素原単位 [kg- CO<sub>2</sub>/1 万円]

1. 食料	18.1	11. 被服及び履物	19.3
2. 住居	11.4	12. 保健医療	18.6
3. 電気代	211.5	13. 交通	81.5
4. ガス代	185.9	14. 自動車等購入	21
5. 他の光熱費	213.3	15. 自動車等維持	142.2
6. 上下水道代	38.6	16. 通信	15.8
7. 家庭用耐久財	15.7	17. 教育	16
8. 冷暖房機器	15.8	18. 教養娯楽	18.5
9. 一般家具	16.7	19. その他の消費支出	16.1
10. その他家具等	26.8		

ここから得られる結果を下図 2-2 に示す。

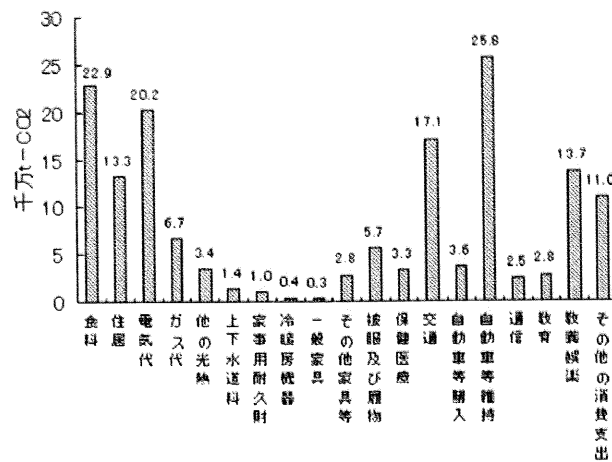


図 2-2 家計最終消費による消費財別誘発二酸化炭素排出量